

Process for the preparation of olefines.

Patent Number: EP0084151
Publication date: 1983-07-27
Inventor(s): BITTLER KNUT DR; ERTL GERT DR; OSTERTAG WERNER DR; REICH HANS HEINER DR
Applicant(s): BASF AG (DE)
Requested Patent: ☐ EP0084151
Application Number: EP19820111823 19821220
Priority Number(s): DE19823201457 19820119
IPC Classification: C07C11/02; C07C1/04
EC Classification: C07C1/04D2B, C07C11/02, C10G9/00
Equivalents: AU1056783, ☐ DE3201457, ☐ JP58128327, ZA8300313
Cited Documents: DE2527316; NL7712952; DE2518097; GB2024246; DE1643672

Abstract

Olefins are prepared by thermal cleavage of hydrocarbons in the presence of steam in an indirectly heated tubular furnace in which hydrocarbons are employed for the thermal cleavage which have been prepared by reacting carbon oxide and hydrogen on supported ruthenium catalysts.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 82111823.9

**(51) Int. Cl.³: C 07 C 11/02
C 07 C 1/04**

(22) Anmeldetag: 20.12.82

(30) Priorität: 19.01.82 DE 3201457

**(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.07.83 Patentblatt 83/30**

**(84) Benannte Vertragsstaaten:
BE DE FR GB IT NL**

**(71) Anmelder: BASF Aktiengesellschaft
Carl-Bosch-Strasse 38
D-6700 Ludwigshafen(DE)**

**(72) Erfinder: Reich, Hans Heiner, Dr.
Kranichstrasse 11
D-6700 Ludwigshafen(DE)**

**(72) Erfinder: Bittler, Knut, Dr.
Kardinal-Wendel-Strasse 54
D-6720 Speyer(DE)**

**(72) Erfinder: Ostertag, Werner, Dr.
Oberer-Bergel-Weg 2
D-6718 Gruenstadt(DE)**

**(72) Erfinder: Ertl, Gert, Dr.
Malvenweg 2
D-6800 Mannheim(DE)**

(54) Verfahren zur Herstellung von Olefinen.

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Olefinen durch thermische Spaltung von Kohlenwasserstoffen in Gegenwart von Wasserdampf in einem indirekt beheizten Röhrenspaltofen, bei dem man für die thermische Spaltung Kohlenwasserstoffe einsetzt, die durch Umsetzung von Kohlenoxid und Wasserstoff an Rutheniumträgerkatalysatoren hergestellt worden sind.

EP 0 084 151 A1

Verfahren zur Herstellung von Olefinen

- Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Olefinen, insbesondere Ethylen, bei dem
- 5 zunächst Kohlenoxid und Wasserstoff an Rutheniumkatalysatoren zu Kohlenwasserstoffen umgesetzt werden und anschließend die erhaltenen Kohlenwasserstoffe in Gegenwart von Wasserdampf thermisch gespalten werden.
- 10 Es ist bekannt, Olefine wie Ethylen und Propylen durch thermische Spaltung von Erdölfraktionen wie Benzinfraktionen (Naphtha), Kerosin oder Gasöl in Gegenwart von Wasserdampf im Röhrenspaltofen (Röhrenspaltung) herzustellen (vgl. Ullmanns Encyklopädie der technischen Chemie,
- 15 Dritte Auflage, Ergänzungsband, 1970, Seiten 44 bis 50). Da jedoch davon auszugehen ist, daß in der Zukunft mit einer Stagnation des Aufkommens oder sogar mit einer Verknappung von Erdöl und somit der für die Herstellung von Olefinen durch Röhrenspaltung als Einsatzstoffe verwendeten Erdölfraktionen zu rechnen ist, besteht Bedarf nach
- 20 Verfahren zur Olefinherstellung, bei denen anstelle von Erdölfraktionen Kohlenwasserstoffeinsatzgemische verwendet werden, die auf der Basis von Kohle als fossiler Kohlenstoffträger erzeugt werden können.
- 25 Es ist bereits bekannt, daß man ausgehend von Kohle Kohlenwasserstoffgemische herstellen kann, indem man zunächst aus Kohle ein Kohlenoxid/Wasserstoffgemisch, das sogenannte Synthesegas, herstellt und anschließend das erhaltene Synthesegas an heterogenen Katalysatoren, die vorwiegend aus Metallen der 8. Gruppe des Periodensystems bestehen, umsetzt, wobei man zu Gemischen aus gesättigten und ungesättigten Kohlenwasserstoffen sowie sauerstoffhaltigen Kohlenwasserstoffverbindungen gelangen kann.
- 30 Ste/P
- 35

5 "Dieses auch als Fischer-Tropsch-Synthese bezeichnete
Verfahren ist jedoch wegen seiner mangelnden Selektivität
und wegen seines relativ niedrigen thermischen Wirkungs-
grades nicht zufriedenstellend für die Herstellung von
Kohlenwasserstoffen, die als Einsatzstoffe für die Olefin-
herstellung durch Röhrenspaltung Verwendung finden sollen.
Diese Einsatzstoffe sollten nämlich, um eine möglichst
große Olefinausbeute zu liefern, einen hohen Anteil an ge-
radkettigten Kohlenwasserstoffen aufweisen. Außerdem
10 sollte das Molekulargewicht der für die Röhrenspaltung als
Einsatzstoffe verwendeten Kohlenwasserstoffe eine obere
Grenze von ca. 700 bis 1000 nicht überschreiten, um eine
leichte Dosierbarkeit in einer technischen Anlage zu
gewährleisten. Gleichzeitig sollte bei der Herstellung
15 dieser Kohlenwasserstoffe die Bildung sauerstoffhaltiger
Verbindungen möglichst vermieden werden, da die bei der
Fischer-Tropsch-Synthese gewöhnlich beobachtete Kuppelpro-
duktion derartiger organischer Verbindungen wie Alkohole,
Aldehyde, Ketone, Ester, Säuren entweder eine komplizierte
20 Aufarbeitung oder aber Umweltprobleme, z.B. eine aufwen-
dige Abwasseraufbereitung, mit sich bringt. Eine weitere
wichtige Anforderung bei der Herstellung der Kohlenwasser-
stoffe durch die katalytische Umsetzung von Kohlenoxid und
Wasserstoff bestand darin, daß die Bildung von den uner-
25 wünschten Nebenprodukten Methan und Kohlendioxid möglichst
unterdrückt wird.

Es wurde nun ein vorteilhaftes Verfahren gefunden zur
Herstellung von Olefinen durch thermische Spaltung von
30 Kohlenwasserstoffen in Gegenwart von Wasserdampf in einem
indirekt beheizten Röhrenspaltofen, welches dadurch gekenn-
zeichnet ist, daß man für die thermische Spaltung Kohlen-
wasserstoffe einsetzt, die durch Umsetzung von Kohlenoxid
und Wasserstoff an Rutheniumträgerkatalysatoren herge-
35 stellt worden sind.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren können durch die Umsetzung von Kohlenoxid und Wasserstoff Kohlenwasserstoffe erhalten werden, die zu mehr als 70 % aus geradkettigen Kohlenwasserstoffen bestehen und gleichzeitig genügend niedrige Molekulargewichte aufweisen, um eine leichte Dosierbarkeit bei ihrer Weiterverwendung als Einsatzstoff für die thermische Spaltung zu Olefinen zu ermöglichen. Im Vergleich zur Herstellung von Olefinen durch thermische Spaltung von Naphtha können nach dem erfindungsgemäßen Verfahren um bis zu 40 % höhere Ethylenausbeuten erzielt werden.

Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß unerwünschte Nebenprodukte wie CO_2 , sauerstoffhaltige Verbindungen und Methan bei der katalytischen Umsetzung von Kohlendioxid und Wasserstoff an Rutheniumträgerkatalysatoren nur in sehr geringen Mengen gebildet werden. Dies war überraschend, da aus F. Bellstedt, Dissertation Universität Karlsruhe, 1971 und M.A. Vannice, Catalytic Review, Band 14 (2), Seite 172, Figur 9, bekannt ist, daß metallisches Ruthenium als Katalysator bei der Umsetzung von Kohlenoxid und Wasserstoff in sehr starkem Maße zur Methanbildung führt - so wurde bei 140°C eine Selektivität bezüglich der Methanbildung von bis zu 24 % gefunden - und daß metallisches Ruthenium unter den Metallen der 8. Nebengruppe des Periodensystems der Elemente der aktivste Methanisierungskatalysator ist.

Darüber hinaus wurde bisher (vgl. z.B. H. Pichler, Advances in Catalysis, Band 4, 1952, Seite 291) feinverteiltes metallisches Ruthenium in trägerfreier Form als der optimale Rutheniumkatalysator angesehen, der weder durch Promotoren noch durch Träger in seiner Wirksamkeit verbessert werden kann. Es war daher überraschend, daß bei der erfindungsgemäßen Verwendung der Rutheniumträgerkata-

5 katalysatoren für die Umsetzung von Kohlenoxid und Wasserstoff
die Methanbildung sehr stark reduziert wird und daß
Rutheniumträgerkatalysatoren gleichzeitig eine hohe Akti-
vität in Bezug auf die Bildung von geradkettigen höheren
Kohlenwasserstoffen aufweisen.

10 Für die erfindungsgemäße Umsetzung von Kohlenoxid und Was-
serstoff zu Kohlenwasserstoffen werden Rutheniumträger-
katalysatoren verwendet. Als Trägermaterial kommen z.B.
Kieselgel, Titandioxid, Thoriumdioxid, Aluminiumoxid,
natürliche Silikate, Aktivkohle oder Zeolithe oder deren
Mischungen in Betracht. Vorzugsweise wird Kieselgel als
Trägermaterial verwendet. Im allgemeinen weisen die
Rutheniumträgerkatalysatoren Rutheniumgehalte von 0,01 bis
15 40 Gew.-%, vorzugsweise 0,1 bis 20 Gew.-%, insbesondere 1
bis 5 Gew.-%, bezogen auf den Trägerkatalysator auf. Man
kann die Rutheniumträgerkatalysatoren ohne weitere Zusätze
verwenden. Es kann jedoch vorteilhaft sein, solche Träger-
katalysatoren zu verwenden, die neben Ruthenium als
20 Co-Katalysatoren noch Magnesium, Zink, Mangan, Prase-
odym, Titan, Molybdän und Wolfram oder deren Mischungen
enthalten. Der Gehalt der Trägerkatalysatoren an den
Co-Katalysatoren beträgt im allgemeinen 0,01 bis
20 Gew.-%, vorzugsweise 0,1 bis 10 Gew.-%, insbesondere 1
25 bis 5 Gew.-%, bezogen auf den Trägerkatalysator.

Das Aufbringen der katalytisch aktiven Substanzen auf das
Trägermaterial kann beispielsweise durch Tränken, Auf-
fällen, Ionenaustausch oder auch durch Plasmaspritzen
30 erfolgen. Dabei wird Ruthenium zweckmäßig in Form der
Rutheniumverbindungen, z.B. als Ruthenium-Komplexe, -Salze
und/oder -Oxide aufgetragen, wobei vorteilhaft die
Chloride, Bromide Jodide, Nitrate und Carboxylate verwendet
werden. Für das Auftragen der Co-Katalysatoren kommen
35

beispielsweise die Oxide und vorzugsweise die Salze und/oder Komplexe der entsprechenden Metalle in Betracht.

- 5 Falls die Aktivität des Rutheniumträgerkatalysators bei der katalytischen Umsetzung von Kohlenoxid und Wasserstoff nachläßt, wird er zweckmäßig durch Regenerieren reaktiviert. Dies kann z.B. dadurch geschehen, daß man den gebrauchten Trägerkatalysator mit einem organischen Lösungsmittel, z.B. Toluol, in Berührung bringt. Eine
- 10 andere Möglichkeit zur Regenerierung des Trägerkatalysators besteht darin, daß man den gebrauchten Trägerkatalysator bei erhöhten Temperaturen, z.B. bei Temperaturen von 150 bis 400°C, vorzugsweise 180 bis 380°C, solange mit Gemischen von Sauerstoff mit einem inerten Gas, z.B.
- 15 Stickstoff behandelt, bis im Abgas kein Kohlendioxid mehr nachzuweisen ist. Der Trägerkatalysator wird im allgemeinen vor seiner Verwendung bzw., vor seiner Wiederverwendung nach der Regenerierung mit Wasserstoff einer reduzierenden Behandlung unterworfen.
- 20 Für die katalytische Umsetzung von Kohlenoxid und Wasserstoff an den Rutheniumträgerkatalysatoren werden im allgemeinen Temperaturen von 120°C bis 450°C, vorzugsweise 150°C bis 400°C, insbesondere 160°C bis 380°C, sowie
- 25 Drücke von 10 bis 350 bar, vorzugsweise 50 bis 200 bar, insbesondere 60 bis 150 bar, angewendet.

- Für die katalytische Umsetzung werden Kohlenoxid und Wasserstoff im allgemeinen im Molverhältnis 5 : 1 bis
- 30 1 : 10, vorzugsweise 2 : 1 bis 5 : 1, insbesondere 1,1 : 1 bis 1 : 2,2, eingesetzt. Mit besonderem Vorteil werden Kohlenoxid/Wasserstoff-Mischungen im Molverhältnis von ca. 1 : 1 und 1 : 2 verwendet.

- Die durch die katalytische Umsetzung von Kohlenoxid und Wasserstoff an Rutheniumträgerkatalysatoren hergestellten Kohlenwasserstoffe werden erfindungsgemäß als Einsatzstoffe zur Herstellung von Olefinen, insbesondere Ethylen, durch thermische Spaltung dieser Kohlenwasserstoffe in Gegenwart von Wasserdampf in einem indirekt beheizten Röhrenspaltoven (Steamcracker) verwendet. Im allgemeinen beträgt das Gewichtsverhältnis von Wasserdampf zum eingesetzten Kohlenwasserstoff bei der thermischen Spaltung 0,1 bis 1, vorzugsweise 0,2 bis 0,8, insbesondere 0,3 bis 0,7. Die Verweilszeiten für die Kohlenwasserstoffe in den Spaltrohren des Röhrenspaltovens betragen zweckmäßig 0,05 bis 1 sec., vorzugsweise 0,1 bis 0,5 sec.. Für die bei der thermischen Spaltung der Kohlenwasserstoffe erhaltenen Spaltgase werden im allgemeinen Austrittstemperaturen der Spaltgase aus den Spaltrohren von mehr als 700°C, vorzugsweise von mehr als 750°C, insbesondere von 800 bis 900°C, eingehalten.
- Die erhaltenen Spaltgase werden zweckmäßig sofort abgekühlt. Dies kann durch direkte Abkühlung durch Einspritzen von flüssigen Kohlenwasserstoffen oder von Wasser in das heiße Spaltgas erfolgen. Im allgemeinen wird jedoch die Abkühlung der Spaltgase indirekt durchgeführt, indem die Spaltgase durch einen Spaltgaskühler geleitet werden, in welchem die Spaltgase in indirektem Wärmeaustausch mit einem flüssigen Wärmeträger, vorzugsweise Wasser, gekühlt werden.
- Die folgenden Beispiele veranschaulichen die Erfindung.

Beispiel 1

- 240 g wasserfestes Kieselgel (Strangpreßlinge von 4 mm) mit einem Schüttgewicht von 445 g/l und einer Oberfläche

nach Brunnauer, Emmett und Teller (vgl. JACS 60, Seite 309, 1938) von $156 \text{ m}^2/\text{g}$ wurden mit einer Lösung von 91,2 g Magnesiumchloridhydrat in 280 ml vollentsalztem Wasser versetzt. Man ließ das Magnesiumsalz innerhalb von 30 min. bei 70°C und 20 Torr auf das Kieselgelträgermaterial aufziehen und trocknete anschließend 2 Stunden bei 80°C und danach 3 Stunden bei 160°C unter Atmosphärendruck. Schließlich wurde 130 min. bei 860°C getempert und dann abgekühlt. Das erhaltene Material wurde mit einer Lösung von 36 g RuCl_3 in 240 ml vollentsalztem Wasser getränkt, und das feuchte Material wurde bei 70°C und 20 Torr entwässert. Nach einer jeweils 2,5-stündigen Trocknung bei 80°C und 160°C wurde der erhaltene Katalysator in einem Rohrreaktor bei 200°C bei Atmosphärendruck mit 90 l Wasserstoff pro Stunde reduziert. Der erhaltene Trägerkatalysator hatte einen Rutheniumgehalt von 4,8 Gew.-% und einen Magnesiumgehalt von 4,5 Gew.-%.

80 ml dieses Trägerkatalysators wurden in einen Autoklaven mit innerem Gasumlauf (System Berty) eingefüllt, und bei 260°C und 100 bar wurde kontinuierlich Synthesegas zugeführt, dessen CO/H_2 -Molverhältnis 1 : 2 betrug. 300 Nl/h Abgas wurden aus dem Autoklaven abgezogen, und 20,02 g pro Stunde an kondensierbaren Kohlenwasserstoffen dem Autoklaven entnommen. Das Autoklavenkreisgas enthielt 1,56 Vol.-% Methan und weniger als 0,1 Vol.-% CO_2 . Der Anteil an sauerstoffhaltigen Verbindungen in der wäßrigen Phase des Autoklavenausstrags lag unter 2 Gew.-%.

900 g des bei der katalytischen Umsetzung im Autoklaven erhaltenen Kohlenwasserstoffgemischs wurden nach Vermischen mit Wasserdampf (Gewichtsverhältnis von Wasserdampf zu Kohlenwasserstoffgemisch von 0,48 : 1) in einem Laborröhrenspaltoven thermisch gespalten. Die Austrittstemperatur des aus dem Spaltrohr austretenden Spaltgases

betrug 813°C . Die Zusammensetzung des aus dem Spaltofen erhaltenen Kohlenwasserstoff-Produktgemisches ist in der Tabelle aufgeführt.

5 Vergleichsbeispiel

Man verfuhr wie im 3. Absatz von Beispiel 1 beschrieben, wobei jedoch anstelle des durch die katalytische Umsetzung im Autoklaven erhaltenen Kohlenwasserstoffgemischs 900 g
10 Leichtbenzin (Naphtha) (Siedebereich 45 bis 158°C), wie es üblicherweise in großtechnischen Ethylenanlagen eingesetzt wird, verwendet wurden. Die Zusammensetzung des aus dem Spaltofen erhaltenen Kohlenwasserstoff-Produkt-
gemisches ist in der Tabelle aufgeführt. Bei der Spaltung
15 des erfindungsgemäß erhaltenen Kohlenwasserstoffgemischs gemäß Beispiel 1 wurde, wie der Tabelle zu entnehmen ist, gegenüber der Verwendung von Naphtha als Einsatzstoff eine um mehr als 40 % höhere Ethylenausbeute erhalten.

20

25

30

35

Tabelle

	Komponenten	Beispiel 1 [Gew.-%]	Vergleichs- beispiel [Gew.-%]	Beispiel 2 [Gew.-%]
5				
	CH ₄	10,66	13,88	11,43
	C ₂ H ₆	4,79	4,08	4,40
	C ₂ H ₄	34,64	24,55	32,52
10	C ₂ H ₂	0,28	0,28	0,24
	C ₃ H ₈	1,02	0,56	0,82
	C ₃ H ₆	16,53	14,45	14,87
	C ₃ H ₄	0,36	0,44	0,28
	C ₄ H ₁₀	0,20	0,88	0,20
15	C ₄ H ₈	3,52	4,91	3,67
	1,3-C ₄ H ₆	5,05	3,56	5,27
	C ₅ ⁺ -Kohlenwasser- stoffe, gasförmig	9,25	} 31,62	11,04
	C ₅ ⁺ -Kohlenwasser- stoff, flüssig	12,58		12,27
20	<u>Beispiel 2</u>			

Man verfuhr wie im Beispiel 1 beschrieben, wobei jedoch dem Autoklaven ein Synthesegas zugeführt wurde, dessen CO/H₂-Molverhältnis 1 : 1 (statt 1 : 2 gemäß Beispiel 1) betrug. Man erhielt pro Stunde 11,80 g kondensierbare Kohlenwasserstoffe. Das Autoklavenkreisgas war frei von CO₂ und Methan. In der wäßrigen Phase des Autoklavenaus-
 25 trages waren weniger als 2 Gew.-% an organischen Verbindungen gelöst. Die Zusammensetzung des bei der thermischen
 30 Spaltung von 900 g des Kohlenwasserstoffgemischs erhaltenen Kohlenwasserstoff-Produktgemischs ist in der Tabelle aufgeführt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Olefinen durch thermische Spaltung von Kohlenwasserstoffen in Gegenwart von Wasserdampf in einem indirekt beheizten Röhrenspaltoven, dadurch gekennzeichnet, daß man für die thermische Spaltung Kohlenwasserstoffe einsetzt, die durch Umsetzung von Kohlenoxid und Wasserstoff an Rutheniumträgerkatalysatoren hergestellt worden sind.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Rutheniumträgerkatalysatoren Rutheniumgehalte von 0,01 bis 40 Gew.-% aufweisen.
3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Trägerkatalysatoren neben Ruthenium als Co-Katalysatoren noch Magnesium, Zink, Mangan, Praseodym, Titan, Molybdän und/oder Wolfram enthalten.
4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß als Trägermaterialien Kieselgel, Aluminiumoxid, natürliche Silikate und/oder Zeolithe verwendet werden.
5. Verfahren nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß Kohlenoxid und Wasserstoff im Molverhältnis 5 : 1 bis 1 : 10 umgesetzt werden.
6. Verfahren nach Anspruch 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die katalytische Umsetzung von Kohlenoxid und Wasserstoff bei Temperaturen von 120 bis 450°C und Drücken von 10 bis 350 bar durchgeführt wird.



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

0084151

Nummer der Anmeldung

EP 82 11 1823

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. *)
Y	DE-A-2 527 316 (CONTINENTAL OIL CO.) * Ansprüche * ---	1,5,6	C 07 C 11/02 C 07 C 1/04
Y	NL-A-7 712 952 (SHELL) * Ansprüche * ---	1,5,6	
Y	DE-A-2 518 097 (MOBIL OIL CORP.) * Seite 5, Zeilen 38-43 * ---	1,2,4-6	
Y	GB-A-2 024 246 (JOHNSON, MATTHEY & CO.) * Ansprüche; Beispiele * ---	2,4-6	
Y	DE-A-1 643 672 (B.A.S.F.) * Ansprüche * -----	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. *)
			C 07 C 11/00 C 07 C 4/00 C 07 C 1/00 C 10 G 9/00
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 24-03-1983	
		Prüfer VAN GEYT J.J.A.	
<div>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN</div> <div>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet</div> <div>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie</div> <div>A : technologischer Hintergrund</div> <div>O : mündliche Offenbarung</div> <div>P : Zwischenliteratur</div> <div>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze</div> <div>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</div> <div>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument</div> <div>L : aus andern Gründen angeführtes Dokument</div> <div>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</div>			

THIS PAGE BLANK (USPTO)